

03/08/04

PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of : Horst KRIMMEL, Wolf-Dieter GRUHLE,  
Martin SPIEß, Claus GRANZOW, Udo GILLICH,  
Roland GEIGER, Jürgen LUCAS  
and Frank KÖNIG  
Serial no. :  
For : METHOD FOR CROSS-LINKING OF REGULATION -  
AND/OR CONTROL FUNCTIONS FOR A MOTOR VEHICLE  
Docket : ZAHFRI P613US

MAIL STOP PATENT APPLICATION  
The Commissioner for Patents  
U.S. Patent & Trademark Office  
P. O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

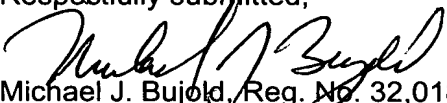
**SUBMISSION OF CERTIFIED COPY**

Dear Sir:

A claim for priority is hereby made under the provisions of 35 U.S.C. § 119 for the above-identified United States Patent Application based upon German Patent Application No. 103 10 422.4 filed March 11, 2003. A certified copy of said German application is enclosed herewith.

In the event that there are any fee deficiencies or additional fees are payable, please charge the same or credit any overpayment to our Deposit Account (Account No. 04-0213).

Respectfully submitted,



Michael J. Bujold, Reg. No. 32,018

**Customer No. 020210**

Davis & Bujold, P.L.L.C.

Fourth Floor

500 North Commercial Street

Manchester NH 03101-1151

Telephone 603-624-9220

Facsimile 603-624-9229

E-mail: patent@davisandbujold.com



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 103 10 422.4

**Anmeldetag:** 11. März 2003

**Anmelder/Inhaber:** ZF Friedrichshafen AG, Friedrichshafen/DE

**Bezeichnung:** Verfahren zur Vernetzung von Regelungs- und/oder Steuerungsfunktionen für ein Kraftfahrzeug

**IPC:** B 60 R 16/02

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 03. April 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident

Im Auftrag

Faust

Verfahren zur Vernetzung von Regelungs- und/oder  
Steuerungsfunktionen für ein Kraftfahrzeug

5 Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Vernetzung von Regelungs- und/oder Steuerungsfunktionen für ein Kraftfahrzeug gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

10 Heutzutage wird in Kraftfahrzeugen eine Vielzahl von unterschiedlichen Systemen eingesetzt, wobei sich in Zukunft die Anzahl der Systeme erhöhen wird; Beispiele für derartige Systeme sind die elektronische Motorsteuerung, die elektronische Getriebesteuerung, die Funktionen ASR  
15 (Antriebsschlupfregelung) und ABS (Antiblockiersystem), die Schaltstrategiesteuerung, die Niveauregulierung etc.

20 Hierbei kann die Situation eintreten, dass sich die Funktionen gegenseitig in negativer Weise beeinflussen; ferner erfolgt die Aufteilung von Steuer- und Regelalgorithmen auf Funktionsmodule häufig nicht systematisch. Dies  
25 wiederum bedeutet, dass eine Erweiterung der Funktionsstruktur sehr zeit- und kostenaufwändig ist.

30 Durch die Vielzahl der eingesetzten Systeme, die z. T. auf die selbe Fahrzeugkomponente eingreifen, wie beispielsweise Komfort- und Fahrstabilitätsfunktionen, die beide die Stossdämpfer beeinflussen, ist ein definiertes optimales Zusammenwirken dieser Systeme notwendig, um ein sicheres und komfortables Fahrverhalten zu gewährleisten.

Aus dem Stand der Technik sind Verfahren bzw. Systeme zur Steuerung und/oder Regelung von Komponenten eines

Kraftfahrzeugs bekannt. Beispielsweise ist im Rahmen der DE 411 10 23 A1 ein System beschrieben, welches aus Elementen zur Durchführung von Steueraufgaben wenigstens bezüglich der Motorleistung, der Antriebsleistung und des Bremsvorgangs sowie aus Elementen, die das Zusammenwirken der Elemente zur Durchführung von Steueraufgaben koordinieren, besteht, wobei die Elemente in Form einer Hierarchie angeordnet sind, so dass Elemente einer Hierarchieebene auf Elemente der nächsten Hierarchieebene eingreifen können.

Des weiteren ist aus der DE 198 38 336 A1 ein System zur Steuerung der Bewegung eines Kraftfahrzeugs bekannt, welches aus mehreren Ebenen besteht, wobei in einer ersten Ebene mindestens eine Komponente zur Steuerung der Fahrzeugbewegung vorgesehen ist, welche in einer zweiten Ebene im Rahmen einer Verfeinerung mindestens eine Komponente Vortrieb und Bremse umfasst. Des weiteren ist in einer dritten Ebene diese Komponente wenigstens in zwei Einzelkomponenten Vortrieb und Bremssystem strukturiert. Hierbei können die Komponenten miteinander zum Austausch von Informationen kommunizieren.

Bei diesen bekannten Verfahren wird demnach eine grobe Strukturierung für Funktionen des Antriebsstrangs und des Bremssystems angegeben; die Funktionsstruktur ist als Baumstruktur organisiert, was das Zusammenwirken der Funktionen einschränkt, insbesondere was die Vorgabe von Soll-Betriebsmoden oder Sollwerten anbelangt.

Des weiteren wird bei den bekannten Ansätzen die Strukturierung von Steuerungs- und/oder Regelungsfunktionen, die auf untere Strukturierungsebenen wirken, sowie die

Detaillierung der Kommunikationsbeziehungen zwischen den Funktionen nicht definiert.

5 Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Vernetzung von Regelungs- und/oder Steuerungsfunktionen für ein Kraftfahrzeug anzugeben, welches die Nachteile des Standes der Technik vermeidet.

15 Insbesondere soll eine definierte Vorschrift zur Erstellung einer Funktions- und Kommunikationsstruktur bis auf untere Hierarchie-Ebenen angegeben werden. Zudem soll die mittels des Verfahrens erzeugte Struktur ausfallresistent vernetzt sein, so dass die Steuerungsfunktionen aktiv bleiben, wenn die Kommunikation gestört ist oder wenn andere Funktionen ausfallen. Ein weiteres Ziel ist es, eine leichte Erweiterbarkeit um weitere Steuerungs- und/oder Regelungsfunktionen zu ermöglichen, ohne die bestehenden Strukturen zu verändern.

20 Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst. Weitere Varianten und Vorteile gehen aus den Unteransprüchen hervor.

25 Demnach wird vorgeschlagen, die Aufteilung der Steuerungs- und/oder Regelungsfunktionen und die Kommunikationsstruktur der Steuerungs- und/oder Regelungsfunktionen mittels Graphen, enthaltend Knoten und gerichtete Kanten, zu definieren, wobei die Knoten des Graphen Steuerungs- und/oder Regelungsfunktionen und dessen gerichtete Kanten definierte Kommunikationspfade der Steuerungs- und/oder Rege-

30 lungsfunktionen darstellen.

Für ein Fahrzeug mit einer definierten Menge an Stell-  
eingriffen durch entsprechende Aktuatoren, beispielsweise  
Niveauregulierung oder Betriebsbremse, und einer definier-  
ten Menge an zu steuernden bzw. zu regelnden Systemgrößen,  
5 beispielsweise Fahrzeugniveau oder Radschlupf, werden gemäß  
der Erfindung die verschiedenen Steuer- und Regelalgorith-  
men auf verschiedene Steuerungs- und/oder Regelungsfunktio-  
nen aufgeteilt und die Kommunikation der Steuerungs- und/  
oder Regelungsfunktionen definiert.

Das erfindungsgemäße Verfahren gewährleistet ein hin-  
sichtlich der Sicherheit, des Fahrkomforts sowie des jewei-  
ligen Fahrerwunsches optimales Systemverhalten, insbesonde-  
re aufgrund der geordneten Wechselwirkung der Steuer- und  
15 Regelalgorithmen.

Die Erfindung wird im folgenden anhand der beigefügten Fi-  
guren beispielhaft näher erläutert.

Es stellen dar:

20

Fig. 1 eine schematische Darstellung zweier Knoten  
und einer gerichteten Kante sowie der Kommu-  
nikation zwischen den beteiligten Steue-  
rungs- und/oder Regelungsfunktionen gemäß  
25 der vorliegenden Erfindung;

25

Fig. 2 eine schematische Darstellung zweier Knoten  
und einer gerichteten Kante sowie der Kommu-  
nikation zwischen den beteiligten Steue-  
rungs- und/oder Regelungsfunktionen in einer  
30 der Fig. 1 dargestellten Kommunikation ent-  
gegengesetzten Richtung gemäß der vorliegen-  
den Erfindung;

30

Fig. 3 ein Ausführungsbeispiel einer zur Erstellung eines erfindungsgemäßen Graphen verwendbaren Tabelle gemäß der vorliegenden Erfindung;

5 Fig. 4 ein Ausführungsbeispiel einer weiteren zur Erstellung eines erfindungsgemäßen Graphen verwendbaren Tabelle gemäß der vorliegenden Erfindung;

Fig. 5 ein Ausführungsbeispiel eines mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens erstellten Graphen und

15 Fig. 6 ein weiteres Ausführungsbeispiel eines mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens erstellten Graphen.

20 Gemäß der Erfindung wird die Aufteilung der Steuerungs- und/oder Regelungsfunktionen eines Kraftfahrzeugs und die Kommunikationsstruktur der Steuerungs- und/oder Regelungsfunktionen mittels Graphen, enthaltend Knoten und gerichtete Kanten definiert; hierbei stellen die Knoten der Graphen Steuerungs- und/oder Regelungsfunktionen und deren gerichtete Kanten definierte Kommunikationspfade der Steuerungs- und/oder Regelungsfunktionen dar.

30 Die gerichteten Kanten der Graphen sind gemäß der Erfindung geordnete Paare (X, Y) von Steuerungs- und/oder Regelungsfunktionen und können als Pfeile zwischen den Knoten, also den Funktionen, dargestellt werden. Dies wird in den Fig. 1 und 2 schematisch dargestellt. Ein Graph weist eine endliche Anzahl von Knoten auf.

Gemäß der Erfindung werden die Knoten wie folgt definiert: Sie stellen Steuerungs- oder Regelungsfunktionen  $G_i$ ,  $R_i$ , und  $S_i$  dar, wobei  $G_i$  mindestens eine für jede zu steuernde Systemgröße  $g_i$  definierte Funktion ist, die Sollwerte  $^{soll}y_i$  für  $g_i$  definiert,  $R_i$  mindestens eine für jede zu steuernde und/oder zu regelnde Systemgröße  $g_i$  definierte Funktion ist, die  $g_i$  mittels Sollwertvorgaben für andere Funktionen  $X_1, X_2, X_3, \dots$  steuert und/oder regelt und wobei  $S_i$  eine für jeden Stelleingriff  $s_i$  definierte Funktion ist, welche Zugriffe von Funktionen  $X_1, X_2, X_3, \dots$  auf den Stelleingriff  $s_i$  organisiert. Gemäß der Erfindung wird für eine Funktion nur ein Knoten definiert.

Erfindungsgemäß kann statt zwei Funktionen  $G_i$  und  $G_j$  eine einzige Funktion  $G$  Sollwerte für die Systemgrößen  $g_i$  und  $g_j$  definieren oder kann statt zwei Funktionen  $R_i$  und  $R_j$  eine einzige Funktion  $R$  die Systemgrößen  $g_i$  und  $g_j$  steuern, so dass Funktionen, die unterschiedliche Bezeichnungen wie z. B.  $X_i$  und  $X_j$  oder  $S_i$  und  $S_j$  tragen, nicht notwendigerweise getrennte Funktionen sein müssen, sondern auch zusammengefasst werden können.

Für jede Funktion  $Z$  ist erfindungsgemäß eine Größe Ist-Betriebsmodus  $^{ist}b_z$  definiert, die beispielsweise die Werte „aktiv“, „inaktiv“, „limp home“, ... annehmen kann. Hierbei erfolgt die Berechnung des Ist-Betriebsmodus  $^{ist}b_z$  auf folgende Weise:

- Die Funktion  $Z$  erhält von  $n$  anderen Funktionen  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$  Soll-Betriebsmodi  $^{soll}b_{x1}, ^{soll}b_{x2}, ^{soll}b_{x3}, \dots, ^{soll}b_{xn}$ .



- Die Funktion Z erhält von m anderen Funktionen  $Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_m$  Ist-Betriebsmodi  $ist_{b_{Y1}}, ist_{b_{Y2}}, ist_{b_{Y3}}, \dots, ist_{b_{Ym}}$ .
- Des weiteren liegt ein interner Soll-Betriebsmodus der Funktion Z  $soll_{b_{Zintern}}$  vor (der interne Soll-Betriebsmodus kann z. B. einen Fehlermodus der Funktion anzeigen).
- Der Ist-Betriebsmodus  $ist_{b_Z}$  der Funktion Z wird mittels einer funktionsspezifischen Funktion f berechnet:

$ist_{b_Z} = f(soll_{b_{X1}}, soll_{b_{X2}}, soll_{b_{X3}}, \dots, soll_{b_{Xn}}, ist_{b_{Y1}}, ist_{b_{Y2}}, ist_{b_{Y3}}, \dots, ist_{b_{Ym}}, soll_{b_{Zintern}})$ , wobei die Berechnung beispielsweise mit Hilfe eines Zugriffs auf ein  $(n+m+1)$ -dimensionales Array realisiert werden kann:

$ist_{b_Z} = \text{Array}(soll_{b_{X1}}, soll_{b_{X2}}, soll_{b_{X3}}, \dots, soll_{b_{Xn}}, ist_{b_{Y1}}, ist_{b_{Y2}}, ist_{b_{Y3}}, \dots, ist_{b_{Ym}}, soll_{b_{Zintern}})$ .

Wenn die Funktion Z keinen externen Betriebsmodus erhält, dann erfolgt die Berechnung des Ist-Betriebsmodus allein auf Basis des internen Soll-Betriebsmodus:  
 $ist_{b_Z} = soll_{b_{Zintern}}$ ; die Mitteilung eines Fehlermodus an andere Funktionen erfolgt mittels des Ist-Betriebsmodus  $ist_{b_Z}$ .

Für zwei Knoten X und Y wird die gerichtete Kante (X, Y) genau dann in den Graphen eingetragen, wenn die Funktion X an die Funktion Y einen Soll-Betriebsmodus übermittelt (Fig. 1). Wenn die Kante (X, Y) eingetragen ist, dann kann optional die Funktion X der Funktion Y einen oder mehrere

Sollwerte  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\chi$ , ... für System- oder Stellgrößen  $a$ ,  $b$ ,  $c$ , ... übermitteln.

Des weiteren muss, wenn  $(X, Y)$  eine Kante im Graph ist, die Funktion  $Y$  der Funktion  $X$  genau einen Ist-Betriebszustand  $^{ist}_{by}$  übermitteln, wie in Fig. 2 gezeigt. Wenn  $X, Y$  eine Kante im Graph ist, dann kann optional die Funktion  $Y$  der Funktion  $X$  einen oder mehrere Sollwerte  $\lambda$ ,  $\mu$ ,  $\nu$ , ... für System- oder Stellgrößen  $l$ ,  $m$ ,  $n$ , ... übermitteln, wie in Fig. 2 veranschaulicht.

Mittels des Ist-Betriebszustands  $^{ist}_{by}$  kann die Funktion  $X$  beispielsweise beurteilen, ob die Funktion  $Y$  die Vorgabe des Soll-Betriebsmodus und gegebenenfalls der Sollwerte umsetzt. Setzt die Funktion  $Y$  die Vorgaben nicht in hinreichender Weise um, dann muss die Funktion  $X$  für die Umsetzung ihrer Zielvorgaben erfindungsgemäß Alternativen suchen. Beispielsweise könnten Ziele der Funktion  $X$  mit Hilfe anderer Funktionen  $Y_2, Y_3, Y_4, \dots$  realisiert werden; es kann auch vorgesehen sein, dass die Funktion  $X$  mit einem Wechsel des eigenen Betriebsmodus reagiert.

Erfindungsgemäß kann, wenn  $(X, Y)$  eine Kante im Graph ist, die Funktion  $Y$  der Funktion  $X$  optional Grenzen  $\alpha_{min}$ ,  $\alpha_{max}$ ,  $\beta_{min}$ ,  $\beta_{max}$ ,  $\chi_{min}$ ,  $\chi_{max}$ , ... übermitteln, innerhalb derer die Funktion  $Y$  Sollwertvorgaben der Funktion  $X$  für System- oder Stellgrößen  $a$ ,  $b$ ,  $c$ , ... realisieren kann. Auf diese Weise kann die Funktion  $X$  die Realisierbarkeit ihrer Sollwertvorgaben durch die Funktion  $Y$  prüfen und falls erforderlich weitere Funktionen  $Y_2, Y_3, Y_4, \dots$  aktivieren.

Obwohl bei einer gerichteten Kante  $(X, Y)$  die Funktion  $Y$  der Funktion  $X$  keinen Soll-Betriebsmodus übermittelt,

5 kann die Funktion Y über die Sollwertübermittlung an die Funktion X Einfluss auf X nehmen, um die Zielvorgaben von Y zu realisieren. Gegebenenfalls muss die Funktion X die Sollwerte an weitere Funktionen weiterleiten. Beispielsweise können so Ressourcen (beispielsweise hinsichtlich der Energieversorgung) beantragt werden. Zudem kann eine Funktion X einer Funktion Y Ist-Systemgrößen übermitteln, ohne dass die Kante (X, Y) im Graphen definiert ist; dies kann beispielsweise bei Sensorwerten der Fall sein.

Wenn mehrere Funktionen  $X_1, X_2, X_3, \dots$  Sollwerte  $soll_{w_{X1}}, soll_{w_{X2}}, soll_{w_{X3}}, \dots$  für eine Größe w an die Funktion Y übermitteln, dann werden gemäß der Erfindung Zugriffskonflikte wie folgt verhindert:

15 In Abhängigkeit vom Ist-Betriebsmodus der Funktion Y  $ist_{b_Y}$ , wird von der Funktion Y entschieden, welcher der Sollwerte  $soll_{w_{X1}}, soll_{w_{X2}}, soll_{w_{X3}}, \dots$  verwendet wird bzw. wie der zu verwendende Sollwert für die Größe w aus  $soll_{w_{X1}},$   
20  $soll_{w_{X2}}, soll_{w_{X3}}, \dots$  berechnet wird. Zudem wird die Berechnung des Ist-Betriebsmodus mittels Soll-Betriebsmodi bzw. Ist-Betriebsmodi, derart durchgeführt, dass eine eindeutige Auswahl bzw. Berechnung des Sollwertes für w aus der Menge der Sollwerte  $\{ soll_{w_{X1}}, soll_{w_{X2}}, soll_{w_{X3}}, \dots \}$  gegeben ist.

25 Alternativ kann die Entscheidung, welcher der Sollwerte  $\{ soll_{w_{X1}}, soll_{w_{X2}}, soll_{w_{X3}}, \dots \}$  bzw. welche Berechnungsvorschrift verwendet werden soll, durch eine definierte Funktion Z mit  $Z \notin \{ X_i \}$  und  $Z \neq Y$  vorgegeben werden, wobei in  
30 diesem Fall die Funktion Z der Funktion Y einen Betriebsmodus  $soll_{b_Z}$  übermittelt und wobei die Berechnung des internen Ist-Betriebsmodus  $ist_{b_Y}$  und damit die Auswahl eines Sollwer-

tes bzw. einer Berechnungsvorschrift derart erfolgt, dass der verwendete Sollwert bzw. die Berechnungsvorschrift des Sollwertes für  $w$  nur von  $^{soll}b_z$  abhängt.

5 Die Sollbetriebsmoden regeln somit das Zusammenwirken der Steuerungsfunktionen auf eindeutige und deterministische Weise.

10 Gemäß der Erfindung werden die Kanten der Graphen derart gewählt, dass kein gerichteter Kreis entsteht. Dies bedeutet, dass sich eine Funktion entlang einer Kommunikationskette  $X_1 - X_2 - X_3 - \dots - X_n - X_1$  nicht indirekt selbst einen Betriebsmodus vorgeben darf. Es ist beispielsweise gemäß der Erfindung nicht möglich, dass sowohl  $(X, Y)$  als  
15 auch  $(Y, X)$  gerichtete Kanten im Graph sind, da auf diese Weise ein gerichteter Kreis  $X - Y - X$  entsteht.

Die gerichteten Kanten eines Graphen können erfindungsgemäß beispielsweise mittels des folgenden Verfahrens  
20 ermittelt werden:

Es wird eine erste Tabelle gemäß Fig. 3 erstellt, wobei in die erste Spalte die Funktionen  $G_i$  und in die erste Zeile die Funktionen  $R_i$  eingetragen werden, so dass Zellen  $(G_i, R_i)$  entstehen. Wenn  $G_i$  einen Sollwert für  $g_i$  definiert, dann wird in die Zelle  $(G_i, R_i)$  der Tabelle ein  
25 Kreuz „x“ eingetragen bzw. die Zelle  $(G_i, R_i)$  wird markiert.

Anschließend wird eine zweite Tabelle gemäß Fig. 4 erstellt, wobei in die erste Zeile die Funktionen  $S_i$  und in die erste Spalte die Funktionen  $R_i$  eingetragen werden. Wenn die Stellgröße  $s_i$  Einfluss auf die Systemgröße  $g_j$  hat und die Funktion  $R_i$  die Funktion  $S_i$  zur Steuerung und/oder Re-  
30

gelung von  $g_j$  nutzt dann wird in die Zelle  $(R_i, S_j)$  der Tabelle ein Kreuz „x“ eingetragen (oder die Zelle  $(R_i, S_j)$  wird markiert).

- 5            Gemäß der Erfindung sind die in den Tabellen mit „x“ gekennzeichneten Zellen die notwendigen Kanten des zugehörigen Graphen, der Gegenstand der Fig. 5 ist.

Die Erfindung wird im folgenden anhand eines Anwendungsbeispielles näher beschrieben.

Es werden die Stelleingriffe

- $s_1$  variable Dämpfung,
- $s_2$  Stabilisatormoment,
- 15        -  $s_3$  Niveauregulierung und
- $s_4$  Motormoment

und die entsprechenden Funktionen  $S_1, S_2, S_3$  und  $S_4$  definiert. Hierbei werden die Stelleingriffe auf gleichartige Stellgrößen zur Vereinfachung der Darstellung des Anwendungsbeispiels zu einem Stelleingriff zusammengefasst. So werden beispielsweise die radindividuellen Dämpfungseingriffe vereinfachend als ein Stelleingriff  $s_1$  zusammengefasst. Als Systemgrößen werden

- 25        -  $g_1$  Aufbau - Vertikalbeschleunigung,
- $g_2$  Wankwinkel,
- $g_3$  Nickwinkel,
- $g_4$  Fahrzeugniveau und
- $g_5$  Radschlupf

- 30        sowie die entsprechenden Funktionen  $G_1, G_2, G_3, G_4$  und  $G_5$  definiert. Hierbei definiert  $G_1$  einen Sollwert  $^{soll}\gamma_1$  für die Vertikalbeschleunigung,  $G_2$  einen Sollwert  $^{soll}\gamma_2$  für den Wankwinkel,  $G_3$  einen Sollwert  $^{soll}\gamma_3$  für den Nickwinkel,  $G_4$

5 einen Sollwert  $^{soll}\gamma_4$  für das Fahrzeugniveau und  $G_5$  einen Sollwert  $^{soll}\gamma_5$  für den Radschlupf. Des weiteren werden die Funktionen  $R_1$  Steuerung/Regelung Aufbau Vertikalbeschleunigung,  $R_2$  Steuerung/Regelung Wankwinkel,  $R_3$  Steuerung/Regelung Nickwinkel,  $R_4$  Niveauregulierung und  $R_5$  Regelung Radschlupf definiert.

10 Gemäß der in Fig. 3 dargestellten Tabelle werden beispielsweise zwischen  $\{G_i\}$  und  $\{R_i\}$  folgende gerichtete Kanten ermittelt:

$(G_1, R_1), (G_2, R_2), (G_3, R_3), (G_4, R_4), (G_5, R_5)$

15 Die gerichteten Kanten zwischen den Funktionen  $\{R_i\}$  und  $\{S_i\}$  sind der Tabelle gemäß Fig. 4 zu entnehmen:

$(R_1, S_1), (R_2, S_1), (R_3, S_1), (R_2, S_2), (R_5, S_2), (R_4, S_3), (R_5, S_4)$

20 Beispielsweise trägt die Kante  $(R_5, S_4)$  der Möglichkeit Rechnung, dass eine Funktion  $R_5$ , die den Radschlupf regelt, in sicherheitskritischen Fahrsituationen direkt in den Stabilisator eingreift, um entsprechende Radlast zu erhalten.

25 Als Resultat des Verfahrens zur Vernetzung vom Regelungs- und/oder Steuerungsfunktionen ergibt sich der Graph in Fig. 5. Diese Funktionsstruktur ist mittels eines Baumes nicht darstellbar.

Wie bereits erwähnt, ist es möglich, Funktionen zusammenzufassen. Wenn beispielsweise  $G_1$ ,  $G_2$  und  $G_3$  zu einer Funktion  $G$  zusammengefasst werden, entsteht der in Fig. 6 dargestellte Graph.

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Verfahren zur Vernetzung von Regelungs- und/oder  
5 Steuerungsfunktionen für ein Kraftfahrzeug, dadurch g e -  
k e n n z e i c h n e t , dass die Steuerungs- bzw. Rege-  
lungsfunktionen und die Kommunikationsstruktur der Steue-  
rungs- bzw. Regelungsfunktionen mittels Graphen, enthaltend  
Knoten und gerichtete Kanten, definiert werden, wobei die  
Knoten des Graphen Steuerungs- bzw. Regelungsfunktionen und  
dessen gerichtete Kanten definierte Kommunikationspfade der  
Steuerungs- bzw. Regelungsfunktionen darstellen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch g e k e n n -  
15 z e i c h n e t , dass die gerichteten Kanten der Graphen  
geordnete Paare  $(X,Y)$  von Steuerungs- bzw. Regelungsfunkti-  
onen sind, welche als Pfeile zwischen den Knoten darge-  
stellt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch g e -  
20 k e n n z e i c h n e t , dass die Knoten Steuerungs- oder  
Regelungsfunktionen  $G_i$ ,  $R_i$ , und  $S_i$  darstellen, wobei  $G_i$   
mindestens eine für jede zu steuernde Systemgröße  $g_i$  defi-  
nierte Funktion ist, die Sollwerte  $^{soll}y_i$  für  $g_i$  definiert,  
25  $R_i$  mindestens eine für jede zu steuernde Systemgröße  $g_i$   
definierte Funktion ist, die  $g_i$  mittels Sollwertvorgaben  
für andere Funktionen  $X_1, X_2, X_3, \dots$  steuert bzw. regelt  
und wobei  $S_i$  eine für jeden Stelleingriff  $s_i$  definierte  
Funktion ist, welche Zugriffe von Funktionen  $X_1, X_2, X_3, \dots$   
30 auf den Stelleingriff  $s_i$  organisiert, wobei für eine Funk-  
tion nur ein Knoten vorgesehen ist.



4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch  
g e k e n n z e i c h n e t , dass für zwei Knoten (X, Y)  
eine gerichtete Kante (X, Y) genau dann in den Graphen ein-  
getragen wird, wenn die Funktion X an die Funktion Y einen  
5 Soll-Betriebsmodus übermittelt, wobei, wenn (X, Y) eine  
gerichtete Kante im Graph ist, die Funktion Y der Funktion  
X genau einen Ist-Betriebszustand  $ist_{by}$  übermittelt.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch g e -  
k e n n z e i c h n e t , dass die Funktion X der Funkti-  
on Y zusätzlich einen oder mehrere Sollwerte  $\alpha, \beta, \chi, \dots$   
für System- oder Stellgrößen a, b, c, ... übermittelt  
und/oder dass die Funktion Y der Funktion X einen oder meh-  
rere Sollwerte  $\lambda, \mu, \nu, \dots$  für System- oder Stellgrößen l,  
15 m, n, ... übermittelt.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch  
g e k e n n z e i c h n e t , dass bei einer gerichteten  
Kante (X, Y) die Funktion Y der Funktion X optional Grenzen  
20  $\alpha_{min}, \alpha_{max}, \beta_{min}, \beta_{max}, \chi_{min}, \chi_{max}, \dots$  übermittelt, innerhalb  
derer von der Funktion Y Sollwertvorgaben der Funktion X  
für System- oder Stellgrößen a, b, c, ... realisierbar  
sind.

25 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 6, da-  
durch g e k e n n z e i c h n e t , dass, wenn mehrere  
Funktionen  $X_1, X_2, X_3, \dots$  Sollwerte  $soll_{w_{x1}}, soll_{w_{x2}}, soll_{w_{x3}},$   
... für eine Größe w an die Funktion Y übermitteln,  
Zugriffskonflikte dadurch verhindert werden, dass von der  
30 Funktion Y in Abhängigkeit vom Ist-Betriebsmodus der Funk-  
tion Y  $ist_{by}$ , entschieden wird, welcher der Sollwerte  $soll_{w_{x1}},$   
 $soll_{w_{x2}}, soll_{w_{x3}}, \dots$  verwendet wird bzw. wie der zu verwenden-  
de Sollwert für die Größe w aus  $soll_{w_{x1}}, soll_{w_{x2}}, soll_{w_{x3}}, \dots$

berechnet wird, wobei die Berechnung des Ist-Betriebsmodus mittels Soll-Betriebsmodi bzw. Ist-Betriebsmodi, derart durchgeführt wird, dass eine eindeutige Auswahl bzw. Berechnung des Sollwertes für  $w$  aus der Menge der Sollwerte {  
5  $soll_{w_{x1}}, soll_{w_{x2}}, soll_{w_{x3}}, \dots$ } gegeben ist.

8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Kanten der Graphen derart gewählt werden, dass kein gerichteter Kreis entsteht.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Erstellung der gerichteten Kanten folgende Schritte umfasst:

- 15 - Erstellen einer ersten Tabelle, wobei in die erste Spalte der Tabelle die Funktionen  $G_i$  und in die erste Zeile die Funktionen  $R_i$  eingetragen werden, so dass Zellen  $(G_i, R_i)$  entstehen, wobei, wenn  $G_i$  einen Sollwert für  $g_i$  definiert, diese Zelle  $(G_i, R_i)$  der Tabelle markiert wird;
- 20 - Erstellen einer zweiten Tabelle, wobei in die erste Zeile die Funktionen  $S_i$  und in die erste Spalte die Funktionen  $R_i$  eingetragen werden, wobei, wenn die Stellgröße  $s_i$  Einfluss auf die Systemgröße  $g_j$  hat und die Funktion  $R_i$  die Funktion  $S_i$  zur Steuerung von  $g_j$  nutzt die Zelle  $(R_i, S_i)$  markiert wird und wobei die
- 25 markierten Zellen den beiden Tabellen die gerichteten Kanten des zugehörigen Graphen darstellen.

Zusammenfassung

Verfahren zur Vernetzung von Regelungs- und/oder  
Steuerungsfunktionen für ein Kraftfahrzeug

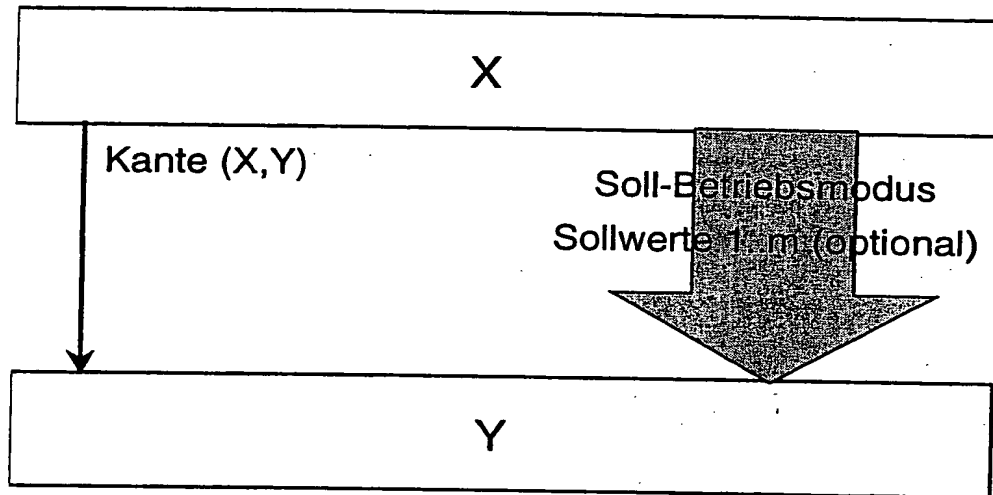
5

Im Rahmen des Verfahrens zur Vernetzung von Regelungs- und/oder Steuerungsfunktionen für ein Kraftfahrzeug werden die Kommunikationsstruktur der Steuerungs- bzw. Regelungsfunktionen mittels Graphen, enthaltend Knoten und gerichtete Kanten, definiert, wobei die Knoten des Graphen Steuerungs- bzw. Regelungsfunktionen und dessen gerichtete Kanten definierte Kommunikationspfade der Steuerungs- bzw.

15 Regelungsfunktionen darstellen.

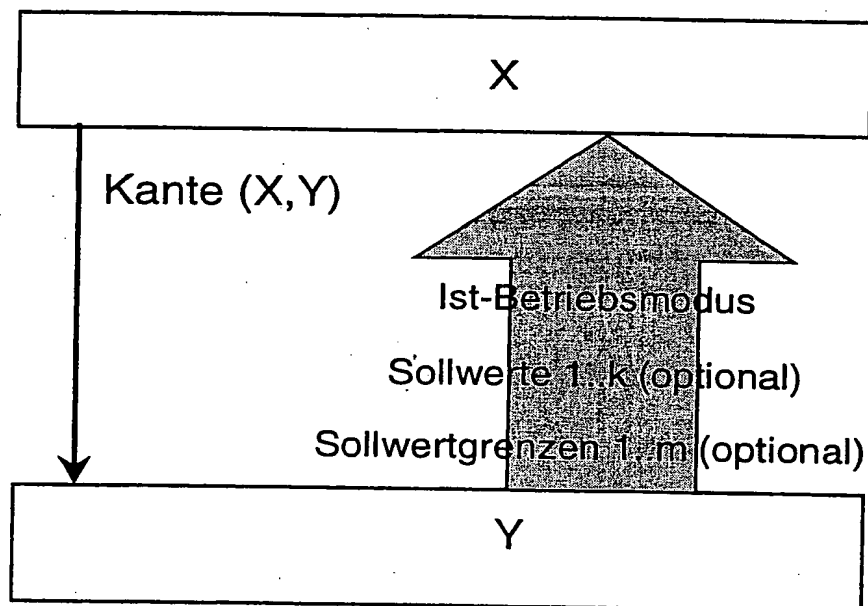
Fig. 5

**Kommunikation  
von X nach Y:**



Figur 1

**Kommunikation  
von Y nach X:**



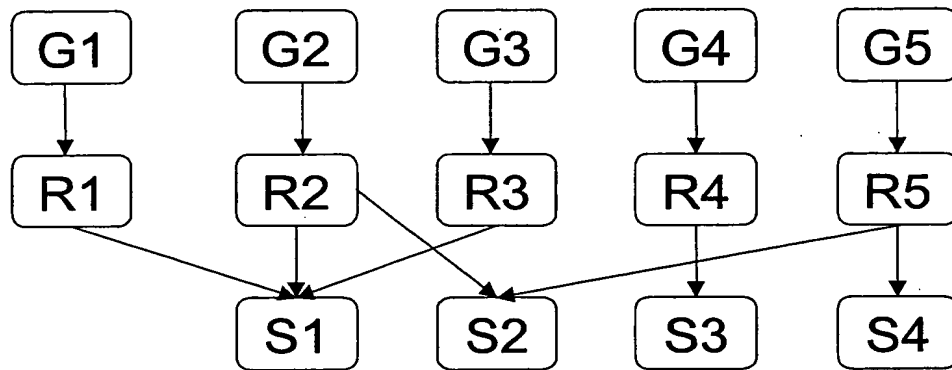
Figur 2

Funktion $R_i$		Aufbau Vertikal- beschleunigung	Wankwinkel	Nickwinkel	Fahrzeug- Niveau	Radindividueller Schlupf
Funktion $G_i$		$R_1$	$R_2$	$R_3$	$R_4$	$R_5$
Aufbau- Vertikalbeschleunigung	$G_1$	X				
Wankwinkel	$G_2$		X			
Nickwinkel	$G_3$			X		
Fahrzeug- Niveau	$G_4$				X	
Radindividueller Schlupf	$G_5$					X

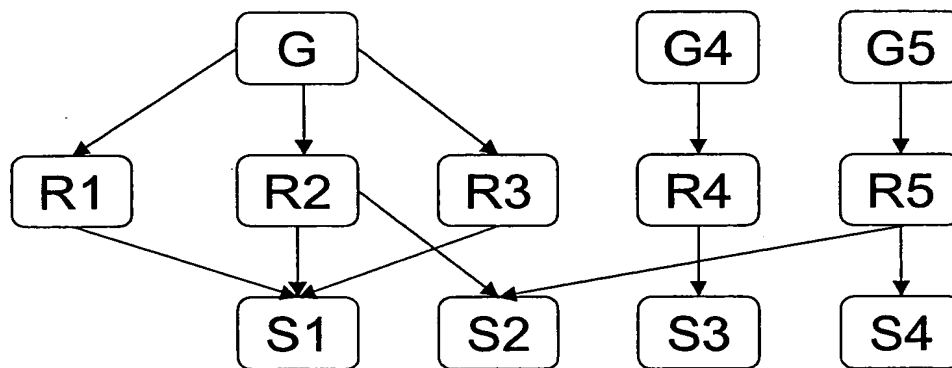
Figur 3

Funktion $S_i$		Variable Dämpfung	Aktives Stabi- lisatormoment	Radindividuelles Niveau	Motormoment
Funktion $R_i$		$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_4$
Aufbau-Vertikal- beschleunigung	$R_1$	X			
Wankwinkel	$R_2$	X	X		
Nickwinkel	$R_3$	X			
Fahrzeug- Niveau	$R_4$			X	
Radindividueller Schlupf	$R_5$		X		X

Figur 4



Figur 5



Figur 6